



TITLE:

Magnetic Properties of Low Dimensional Spin System(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Kawasaki, Kazuko

CITATION:

Kawasaki, Kazuko. Magnetic Properties of Low Dimensional Spin System. 京都大学, 1969, 理学博士

ISSUE DATE:

1969-09-24

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/213232>

RIGHT:

氏 名 川 崎 和 子
かわ さき かず こ
 学位の種類 理 学 博 士
 学位記番号 論 理 博 第 276 号
 学位授与の日付 昭 和 44 年 9 月 24 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
 学位論文題目 **Magnetic Properties of Low Dimensional Spin System**
 (低次元スピン系の磁氣的性質)

論文調査委員 (主 査)
 教授 富田和久 教授 松原武生 教授 長谷田泰一郎 教授 端 恒夫

論 文 内 容 の 要 旨

相転移のあらわれ方と次元数の関連に関しては、すでに多くの考察が行なわれているが、問題を明確にするために、申請者は二次元的配列をもち、要素間に異方的交換相互作用の存在する局在スピン系をとり上げて詳細な理論的考察を行なった。すなわち、系のハミルトニアンとして

$$\begin{aligned}
 H = & \sum_r \omega_0(r) S_r^0 \\
 & + \sum_{r>s} J(r_x - s_x) \delta_k(r_x - s_x) \left\{ S_r^0 S_s^0 + \frac{1}{2} (1 - \alpha) (\bar{S}_r^+ \bar{S}_s^- + \bar{S}_r^- \bar{S}_s^+) \right\} \\
 & + \eta \sum_{r>s} J(r_x - s_x) \delta_k(r_x - s_x) \left\{ S_r^0, S_s^0 + \frac{1}{2} (1 - \alpha) (\bar{S}_r^+ \bar{S}_s^- + \bar{S}_r^- \bar{S}_s^+) \right\}
 \end{aligned}$$

ハミルトニアンの形より明らかな如く、この模型は $\alpha=1$ の極限として Ising 模型を含んでおり、 $\eta=0$ の極限として Linear chain 模型を含んでいる。パラメーター α, η の中間的な値に対する振舞を連続的に追求したことが、この仕事の一つの特徴である。

取扱い方法としては、外部的刺激に対する応答をあらわすものとして、2時間グリーン関数を考察の対象とし、運動方程式を逐次に用いてえられる高階グリーン関数の無限系列の直接的取り扱いをさける方法として、decoupling 法を採用し、必要最低次のグリーン関数に関する方程式を解いて結果を求めた。

—— (註) 例えば次の論文を参照 K. Tomita and M. Tanaka, Progr. Theor. Phys. 29, 528 (1963)

上述の方法により、系の静的性質としては、

- (i) 相関関数
- (ii) 転移温度
- (iii) 一様な外場の下における spin polarization
- (iv) 常磁性受磁率 (paramagnetic susceptibility)
- (v) 短距離秩序度 (short range order) 等の量を計算し、系の動的性質を示す量としては、

(vi) 減衰係数 ($k=0$)

(vii) 磁気共鳴の場合の吸収線型

を計算した。

以上の諸量の計算においては、既述のごとく α , η の中間的数値に対応する結果が連続的にえられており、結合の異方性に関しては、Heisenberg 模型から Ising 模型まで、Spin 配列に関しては linear chain から square net まで、鳥瞰的な結果のえられたことが、重要な特徴と考えられる。

計算の結果えられた諸性質は、特殊な模型につき、他の方法でえられた結果を整理する場合の reference として役立つだけでなく、それ自身新しい information としての価値を具えており、実際、個々の具体例、 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 等についてえられた実験結果と定性的によく一致している。

参考論文 1.

alternant な性質をもったスピン系の常磁性共鳴における吸収線型の磁場依存性にあらわれる、いわゆる “exchange amalgamation” の現象をグリーン関数法により理論的に扱ったものである。結果は $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 及び $\text{K}_2\text{CuCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ における実験結果とよい一致を示している。

参考論文 2

Ferrimagnet における常磁性受磁率をグリーン関数法を用いて論じたレターである。

論文審査の結果の要旨

多体系の状態は、これを構成する個々の要素の状態の間の相関に関連して大きく二つに分けられる。それは、巨視的な範囲にわたっての有限の相関、すなわち、long range order (長距離秩序) の存在する場合と、相関は存在しても微視的な範囲に限られる場合、すなわち、short range order (短距離秩序) しか存在しない場合である。この二つの状態の間のうつり変わりとしての “相転移” は統計力学における重要課題として多くの考究の対象となっているが、最近では静的な振舞に限らず、移転点近傍における動的な振舞についても、実験的解析が急速に進んできた。

相転移がいかなる温度に現われるかを左右するものは、系の内部における個々の要素の結合状態であるが、この場合個々の結合の強さばかりでなく、一つの要素が他のいくつかの要素と直接結合しているか、すなわち connectivity が重要な役割を演ずることが知られている。そのような意味で多体系がいかなる次元の空間を張るかによって、系の示す性質は意味深い差異を呈する。例えば、三次元系において明白に相転移を示すような結合でも、一次元的に配列された系では、“鋭い” 転移を示さないという事実がある。この事実を別の言葉で表現すれば、long range order は結合の種類だけでなく、系を構成する要素の空間的配列の様式、特に次元数に依存して全く異なった振舞を示す、という事ができる。これに対して、short range order の特性の概略は結合の性質によって定まり、結合の強さに対応した温度において、次元によらず、異常を示すという性質が認められる。

申請者は、本論文において、以上二つの観点に基づいて、低次元系における秩序度 (order) の発達を理論的に考究した。すなわち、低次元系においては、通常の三次元系においては極めて狭い温度領域で急

激に変化する秩序度が、広い温度範囲にわたって特徴的变化を示すこと、また、long range order と short range order の発達する温度領域が分かれてくること、等に着目し、相転移近傍における物理量の性質を一層明らかにすることを企てたのである。

採用した方法の一般性から、静的な性質と動的な性質とを理論的に一つの枠組から導いたことは、一、二の例を除いて従来みられなかった事柄である。

また採用した模型に結合の異方性をあらわす α 、スピン配列の次元数を左右する η を含めてあるので、二つのパラメーターを数値を動かすだけで、Heisenberg 模型から Ising 模型まで、linear chain から square net までのすべての領域を鳥瞰的に見渡すことができる。これは本論文の重要な特徴である。

計算された諸量は、特殊な模型に対する他の方法による計算結果を理解する上の reference として有用であるだけでなく、それ自身として新たな理論的知見を提供している。例えば低次元元素の性質として理論的に導かれた諸点、すなわち、

- (i) 転位温度が結合常数から予想される数値より遥かに低いこと、
- (ii) 転移温度の近傍では、受磁率の温度変化が、分子場理論の計算からひどくずれること、
- (iii) 転移温度の近傍でひろい範囲にわたって異常な緩和現象が期待されること、

等は、実際にある軸の方向に特に強い結合をもつと信じられている物質、例えば $\text{Cu}(\text{NH}_3)\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 等における実験結果と定性的によく一致している。

以上述べたごとく、本論文は、広範囲の現象をおおう一般的模型をとり上げて、近似理論ではあるが、静的動的諸量を統一的に計算したものであり、諸種の特例に対する計算の一つの基準として役立つだけでなく、実際の物質についてえられた結果を定性的によく説明している。

参考論文は磁性体の理論的理解に対する申請者の造詣の一端を示すものであり、研究者としての実力をしめしている。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値があると認める。